

“ENERGY CONSCIOUS DESIGN” KONSEPSI DAN STRATEGI PERANCANGAN BANGUNAN DI INDONESIA

Jimmy Priatman

Staf Pengajar Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Arsitektur, Universitas Kristen Petra

ABSTRAK

Akselerasi laju konsumsi energi di Indonesia yang meningkat pada dua dekade ini dan keterbatasan kesediaan sumber energi yang ada di masa kondisi ekonomi saat ini yang belum pulih dari krisis menimbulkan problema energi yang perlu penanganan yang konsepsional, menyeluruh dan terpadu. Dari empat sasaran upaya konservasi energi nasional, sektor bangunan komersial dan sektor rumah tangga merupakan potensi penghematan energi yang prospektif, mengingat penggunaan energi pada sektor tersebut sebagian besar merupakan konsekuensi dari pengadaan bangunan yang digunakan. Perancangan bangunan yang bertitik tolak dari konsep sadar energi akan mereduksi penggunaan energi pada masa operasionalnya. Makalah ini membahas konsepsi dan strategi disain sadar energi untuk bangunan rumah tinggal dan bangunan gedung komersial.

Kata kunci: Disain Sadar Energi.

ABSTRACT

The acceleration of total energy consumption in Indonesia during the past two decades and the limited availability of energy resources in the midst of currently national economic crisis create energy problem that needs to be solved comprehensively and holistically. From the objectives of national energy conservation program, commercial building and residential are prospective goals for energy saving purpose considering that both sectors consume energy as a consequence of the building. Energy conscious design concept that is applied to building design will give significant energy consumption reduction at its operational stage. The paper discusses the energy conscious design concept and its strategic ways that is applicable to residential and commercial buildings.

Keywords: Energy Conscious Design.

SITUASI ENERGI DI INDONESIA

Masyarakat modern yang berbasis pada teknologi mengkonsumsi energi dalam jumlah yang besar. Di Indonesia, bagian terbesar dari energi yang digunakan berasal dari energi fosil (sisa sisa binatang purba) yang tidak dapat diperbarui dalam bentuk minyak bumi, batu bara, gas alam yang dibakar untuk memproduksi listrik maupun untuk menjalankan mesin mesin produksi. Kondisi ini ternyata menimbulkan problema yang universal maupun yang khusus dengan situasi di Indonesia yang pada garis besarnya dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Nasional

Laju pertumbuhan pemakaian energi di Indonesia dalam kurun waktu 1985-2000 mencapai rata rata 7%/tahun (bandingkan dengan pemakaian energi dunia rata rata 1,2%/tahun, negara negara APEC 2,6%/

tahun) yang diakibatkan beberapa faktor yaitu jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi dan tingkat kehidupan masyarakat. Masih rendahnya konsumsi energi primer per kapita Indonesia (0,381 Ton setara minyak-TOE, rata rata dunia adalah 1,47 TOE, negara negara maju 4,63 TOE) masih akan membutuhkan energi yang tinggi untuk mencapai tingkat kebutuhan yang wajar sesuai dengan standar hidup yang layak. Disisi lain, cadangan minyak bumi Indonesia yang relatif kecil (minyak bumi 1% cadangan dunia, gas bumi 2%, batu bara sekitar 3,1%) tidak akan mampu menyediakan kebutuhan energi nasional dengan laju pertumbuhan yang tinggi tersebut. Dapat diperkirakan bahwa dalam waktu dekat Indonesia tidak lagi dapat meng ekspor minyak bumi, bahkan diprediksi akan menjadi negara peng-import

minyak bumi yang tentu saja akan banyak menguras devisa negara.

2. Global.

Proses pembakaran energi fosil menjadi listrik menimbulkan gas buang CO₂ dalam jumlah besar yang dilepaskan ke atmosfer secara konstan dan terus menerus. Konsentrasi karbondioksida (CO₂ - 50%), metan (CH₄ - 18%), chlorofluorocarbon (CFC- 14%), natrium oksida (N₂O-6%), gas ozon troposferik (12%) bersama sama membentuk lapisan gas di atmosfer yang disebut *greenhouse gases*. Lapisan gas ini yang menghalangi pantulan sinar matahari yang bergelombang panjang dari permukaan bumi yang terkena sinar matahari sehingga terjadi efek rumah kaca, yaitu meningkatnya temperatur permukaan bumi secara tetap dan terus menerus. Efek rumah kaca yang mengakibatkan pemanasan global (*global warming*) mempunyai dampak serius pada perubahan pola iklim bumi, meningkatnya permukaan air laut, terjadi bencana alam akibat cuaca ekstrem (taufan siklon, banjir, timbulnya gelombang besar), penetrasi air laut jauh ke darat, musnahnya spesies karena merusakkan habitat, terjadinya penyebaran penyakit yang tidak dapat diprediksi sebelumnya, deforestasi dan hujan asam yang kesemuanya membahayakan kehidupan manusia.

Mereduksi jumlah gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas manusia (terutama pembakaran energi fosil menjadi listrik) secara universal disadari bersama merupakan isu penting yang perlu ditangani terpadu oleh pemerintah, industri dan masyarakat.

Di Indonesia, Dewan Riset Nasional dan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi sebagai lembaga *think-tank* nasional sedang merumuskan visi, misi, *landmarks*, *roadmaps*, *milestones* dibidang riset ilmu pengetahuan dan teknologi hingga tahun 2020 (S&T Landmarks 2020) untuk mendukung Pembangunan Berkelanjutan dalam bidang Ketersediaan Energi yang nantinya akan menjadi dasar acuan kebijaksanaan nasional dibidang energi. Sedangkan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi telah menyiapkan Konsepsi Energi Hijau sebagai *blue print* untuk melaksanakan kebijakan pemerintah dibidang energi yang terdiri dari intensifikasi pencarian sumber daya, diversifikasi energi, konservasi energi, kebijakan harga dan

perlindungan lingkungan yang akan melibatkan pemerintah selaku pembuat kebijakan dan regulasi, litbang dan diklat, pelaku usaha, serta peranan organisasi non pemerintah. Upaya konservasi energi diarahkan pada penerapan yang bersifat *cost effective* dengan biaya rendah dan *best practices* pada sektor bangunan komersial, sektor industri, sektor transportasi (program langit biru) dan sektor rumah tangga (program terang).

KONSEP DAN STRATEGI DISAIN SADAR ENERGI

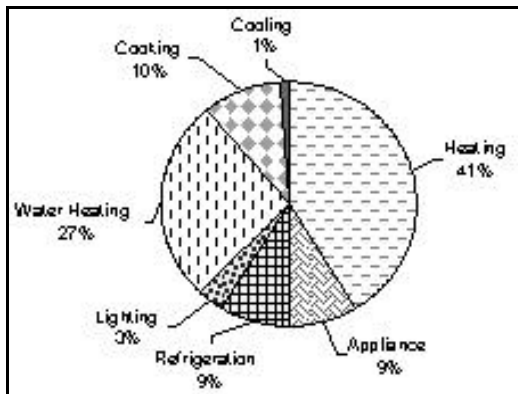
Pola Konsumsi Energi

Pola konsumsi energi untuk sektor rumah tinggal berdasarkan data data dari *Department of Primary Industries and Energy Commonwealth of Australia* 1997, pemanasan/pendinginan 43%, pemanas air 27%, penerangan 3,4%, peralatan rumah tangga 26,6%. Di Amerika, 80% digunakan untuk pendingin dan pemanas ruang, sedangkan di Indonesia konsumsi energi primer (minyak tanah) masih banyak digunakan untuk keperluan memasak, namun melihat dari tingginya laju penggunaan energi listrik (7%) dengan asumsi bahwa 50% dari kebutuhan energi listrik terserap pada sektor bangunan, maka sektor rumah tinggal berperan besar dalam mengkonsumsi listrik baik untuk keperluan penerangan, peralatan rumah tangga maupun untuk pengkondisian ruang (sistem HVAC). Berdasarkan data data dari negara maju, dimana Indonesia sebagai negara berkembang dipastikan akan bergerak meningkatkan taraf hidupnya, maka pola penggunaan energi untuk rumah tinggalpun bisa diperkirakan bahwa sebagian besar akan digunakan untuk keperluan mencapai kenyamanan dalam ruang melalui sistem tata udara, sistem penerangan tata cahaya maupun pemanas air. Sedangkan untuk keperluan memasak, penggunaan gas alam LPG atau briket batu bara akan menggantikan minyak tanah.

Pola konsumsi energi untuk sektor bangunan komersial dapat diwakili dari hasil penelitian penggunaan energi untuk gedung perkantoran ASEAN, dimana 50-60% untuk sistem AC, 30% untuk tata cahaya dan sisanya untuk peralatan mesin lainnya (elevator, pompa air, STP Plant dan sebagainya).

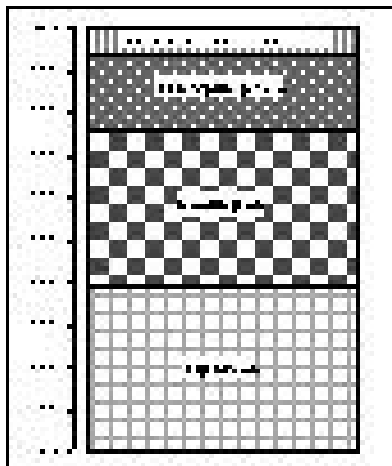
Bertitik tolak dari distribusi pola penggunaan energi untuk sektor tersebut diatas, maka tujuan utama dari penghematan energi dapat di fokuskan pada sistem tata udara maupun tata

cahaya dimana keberadaan bangunan memainkan peran yang sangat penting.



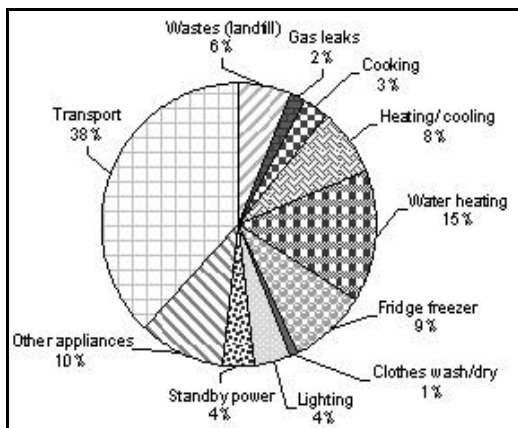
Sumber : Energy Efficient Australian Housing p.5

Gambar 1. Pola Konsumsi Energi Sektor Perumahan Australia



Sumber: Proceedings ASEAN Conference on Energy Conservation in Buildings p. 220

Gambar 2. Pola Konsumsi Energi Bangunan Perkantoran ASEAN



Sumber: Global Warming. Cool it ! p.3

Gambar 3. Emisi Gas Rumah Kaca dari sektor perumahan

Konsep Dasar Disain Sadar Energi

Peranan bangunan adalah sebagai tempat bernaung (*shelter*) manusia dari pengaruh cuaca dan iklim di lingkungannya. Keberadaan bangunan diperlukan untuk menjamin aspek kekokohan (struktur), aspek kenyamanan (sistem kenyamanan yang handal) dan aspek estetika (arsitektur). Disain Sadar Energi memadukan antara kebutuhan akan kenyamanan dalam tatanan arsitektur yang baik sehingga dapat mencapai nilai tambah (*added value*) yang diharapkan. Supaya bangunan dapat berperan dengan baik sebagai filter lingkungan, maka perlu dipahami beberapa pemikiran berikut yang akan menjadi konsep dasar Disain Sadar Energi :

- Untuk mencapai **kenyamanan termal** didalam ruang, maka bangunan harus dirancang sedemikian rupa **untuk dapat mengontrol perolehan panas matahari sesuai dengan kebutuhannya**. Bangunan yang berada pada iklim dingin harus mampu menerima radiasi matahari yang cukup untuk pemanasan, sedangkan bangunan yang berada pada iklim panas, harus mampu mencegah radiasi matahari secukupnya untuk pendinginan.
- Untuk mencapai **kenyamanan visual** didalam ruang, maka bangunan harus dirancang sedemikian rupa **untuk dapat mengontrol perolehan cahaya matahari (penerangan) sesuai dengan kebutuhannya**.
- **Kontrol Lingkungan Pasif** dilakukan untuk mencapai kenyamanan termal maupun visual dengan memanfaatkan seluruh potensi iklim setempat yang dikontrol dengan elemen elemen bangunan (atap, dinding, lantai, pintu, jendela, aksesori, lansekap) yang dirancang secara cermat dan akurat **tanpa menggunakan energi (listrik)**.
- **Kontrol Lingkungan Aktif** dilakukan untuk mencapai kenyamanan termal maupun visual dengan memanfaatkan potensi iklim yang ada dan dirancang dengan bantuan teknologi maupun instrumen **yang menggunakan energi (listrik)**.
- **Kontrol Lingkungan Hibrid** dilakukan untuk mencapai kenyamanan termal maupun visual dengan kombinasi pasif dan aktif untuk memperoleh kinerja bangunan yang maksimal.
- Untuk mencapai sasaran penghematan energi yang optimal, maka prioritas utama adalah

kontrol pasif, lalu disusul kontrol hibrid dan kontrol aktif sebagai pilihan akhir.

Strategi Utama Disain Sadar Energi

| STRATEGI | KLASIFIKASI ENERGI | TIPE KONTROL | M O D E |
|----------------------|---|---------------------------|-----------------------|
| Konservasi Energi | ⇒ Energi yang tidak Terbarukan (non renewable energy) | ⇒ Pasif ⇒ Hibrid-Aktif | Selektif Eksklusif |
| Efisiensi Energi | ⇒ Energi yang tidak Terbarukan (non renewable energy) | ⇒ Pasif ⇒ Hibrid-Aktif | Selektif Eksklusif |
| Diversifikasi Energi | ⇒ Energi Baru Terbarukan (renewable energy) | ⇒ Pasif ⇒ Hibrid-Aktif | Selektif Eksklusif |
| Kombinasi Energi | ⇒ Energi yang tidak Terbarukan dan Terbarukan (non renewable & renewable) | ⇒ Pasif ⇒ Hibrid-Aktif | Selektif Eksklusif |

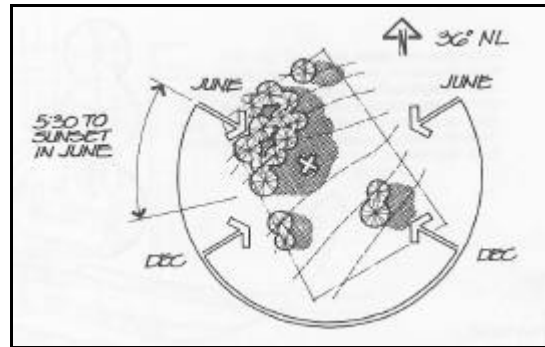
Di area dengan iklim yang berbeda, maka diperlukan strategi khusus untuk mencapai kenyamanan termal maupun visual yang sesuai dengan karakteristik iklim lokalnya. Indonesia dengan iklim panas lembab memerlukan strategi disain sadar energi tertentu untuk mencapai hal tersebut yaitu :

- Untuk mencapai kenyamanan termal, diperlukan **strategi pendinginan dan penurunan kelembaban** (*cooling and dehumidification strategy*), mengingat temperatur luar rata rata di Indonesia DBT=28-35 ° C dengan kelembaban relatif RH= 80-100%.
- Untuk mencapai kenyamanan visual, diperlukan **strategi optimasi penerangan alamiah** (*daylighting strategy*), mengingat iluminasi luar rata rata di Indonesia mencapai E = 10.000 lux.

Faktor Faktor DISAIN SADAR ENERGI

Faktor faktor yang menentukan keberhasilan penerapan disain sadar energi dalam perancangan bangunan adalah :

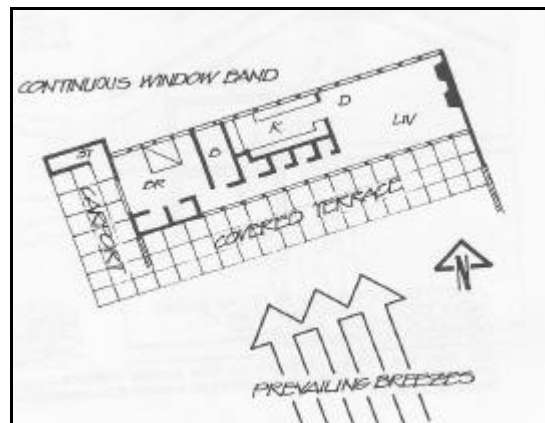
- **Tapak:**
Karakteristik tapak perlu dipahami dengan baik untuk mengoptimalkan potensi yang ada untuk mencapai penghematan energi yang meliputi pemahaman ukuran, bentuk, kemiringan/kedataran, akses dan view tapak, lokasi dari bangunan lain disekitarnya, vegetasi. Lintasan matahari, arah dan kecepatan angin, interval temperatur dan kelembaban udara serta curah hujan perlu dianalisa. Lokasi jaringan utilitas umum serta peraturan tata bangunan, traffic kota perlu diperhitungkan untuk menentukan bagian lahan yang paling tepat untuk meletakkan bangunan.



Sumber : Energy Efficient Australian Housing p. 107

Gambar 4. Analisa Tapak untuk Penempatan Lokasi Bangunan

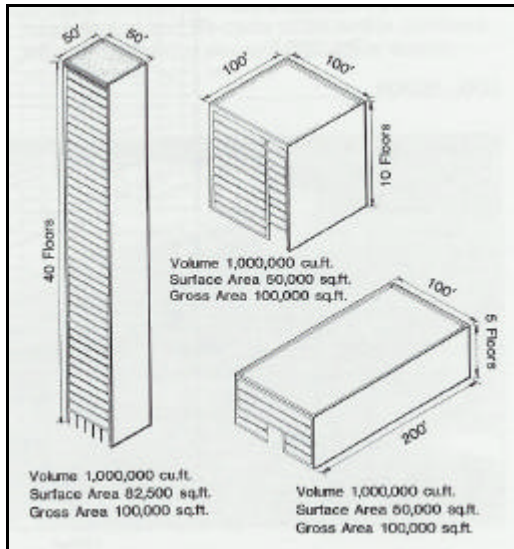
- **Lay-out – Orientasi Bangunan:**
Tatanan ruang dalam dirancang untuk memenuhi gaya hidup para penghuninya sedemikian rupa untuk memperoleh kenyamanan termal secara pasif, misalnya dengan menempatkan ruang ruang bersama (living zones) dengan arah angin yang tepat untuk penghawaan maksimum atau pada lintasan matahari sepanjang tahun untuk memperoleh pemanasan pasif. Perlu dianalisa *thermal zoning* ruangan untuk penempatan yang menguntungkan bagi penghematan energi.



Sumber : Energy Efficient Australian Housing p. 131

Gambar 5. Lay-out – Orientasi Bangunan

- **Bentuk Bangunan :**
Bentuk bangunan mempunyai dampak langsung terhadap penggunaan energi yang meliputi bangun geometris, struktur, komposisi, ketinggian, daerah daerah bukaan, posisi terhadap bangunan lain (*spacing and distance*). Disini ratio area selubung bangunan terhadap volume bangunan menentukan tingkat perolehan panas.

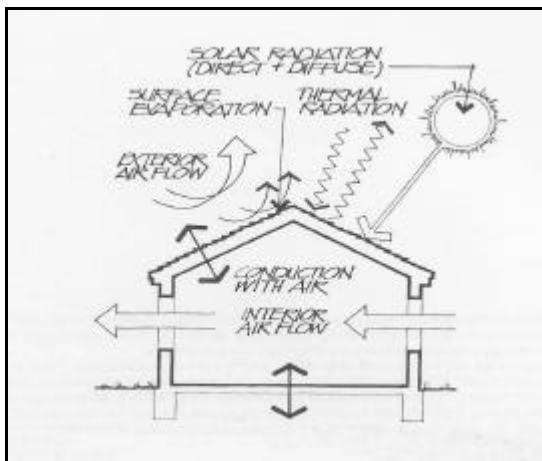


Sumber : Climatic Building Design p. 98

Gambar 6. Ratio Selubung Bangunan terhadap Volume Bangunan

• **Fasade Bangunan :**

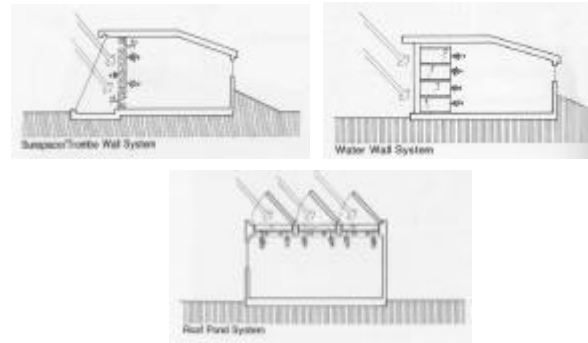
Pengolahan fasade bangunan dengan relevansinya pada ratio area pembukaan / jendela dengan dinding tidak tembus cahaya beserta dengan penentuan material selubung bangunan ber peran penting sebagai *transmitter, reflector, absorber* kondisi cuaca eksternal.



Gambar 7. Perpindahan Panas Melalui Selubung Bangunan

• **Elemen Bangunan:**

Elemen bangunan (lantai, dinding, atap, langit-langit, aksesoris, lansekap) secara langsung maupun tidak langsung dapat dirancang untuk penghematan energi atau sebagai instrumentasi energi surya maupun angin.



Sumber : The Energy Design Handbook p. 112

Gambar 8. Pemanfaatan Elemen Bangunan Sebagai Sarana Energi Surya

• **Utilitas Bangunan- Peralatan Bangunan:**

Sistem tata udara maupun tata cahaya yang menentukan kondisi kenyamanan penghuni perlu dirancang dengan mempertimbangkan tingkat konsumsi energi efisien (*energy-star rating*) dan semaksimalnya menggunakan sumber energi terbarukan (*renewable energy*).

Untuk sistem tata udara : Sistem sentral chiller dengan COP tinggi (Ton Refrigerasi/Watt)

Untuk sistem tata cahaya : Lampu dengan efisiensi tinggi (Lumen/Watt)

Untuk peralatan rumah : Peralatan dengan *star* lebih banyak menandakan lebih hemat Energi (*Energy Star Rating System*)

Kriteria Disain Sadar Energi

Kriteria kenyamanan yang perlu dicapai :

Kenyamanan Termal:

Temperatur Udara : DBT = 24-26 ° C

Kelembaban Udara : RH = 50-60%

Kenyamanan Visual:

Tingkat Iluminasi : E = 200-300 Lux

Fasade Bangunan:

OTTV_{DINDING} ≤ 45 W/M²

RTTV_{ATAP} ≤ 45 W/M²

Energy Efficiency Index:

EEI Gedung Kantor ≤ 189 Kwh/M²/Tahun

EEI Apartemen ≤ 158 Kwh/M²/Tahun

EEI Hotel ≤ 221 Kwh/M²/Tahun

EEI Pusat Perbelanjaan ≤ 221 Kwh/M²/Tahun

EEI Rumah Sakit ≤ 410 Kwh/M²/Tahun

STRATEGI DISAIN SADAR ENERGI PADA BANGUNAN PERUMAHAN

Pada bangunan perumahan, penggunaan energi untuk kenyamanan termal diperkirakan berkisar 40%-80%, sedangkan untuk kenyamanan visual diperkirakan berkisar 5%, maka **kualitas termal bangunan dan faktor cuaca** menjadi faktor penentu yang dominan dalam penggunaan energi.

Strategi utama untuk disain sadar energi adalah:

- ⇒ **Pendinginan dan Penurunan Kelembaban**
- ⇒ **Optimasi Penerangan Alam**

Strategi kontrol pasif adalah:

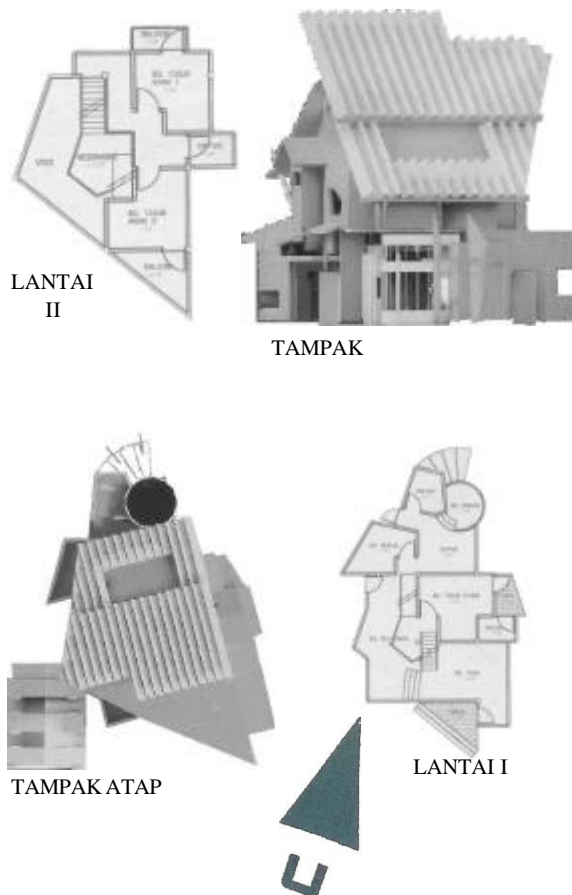
- ⇒ Minimasi aliran panas konduksi
- ⇒ Minimasi radiasi matahari
- ⇒ Maximasi ventilasi alam
- ⇒ Maximasi pendinginan radian
- ⇒ Maximasi pendinginan evaporatif
- ⇒ Optimasi penerangan alam (siang hari)

Strategi kontrol aktif adalah:

- ⇒ Optimasi ventilasi buatan dengan fan
- ⇒ Minimasi ventilasi buatan dengan AC

Implementasi ke bangunan:

- ⇒ Tapak: Maximasi arah angin
Panjang tapak kearah selatan
- ⇒ Orientasi: Mayoritas arah selatan-timur
(*kecuali arsitektur surya*)
- ⇒ Bentuk: Memanjang timur barat, ratio
1:1,7 – 1:3
- ⇒ Fasade: Posisi jendela untuk maximasi
ventilasi
Luas jendela untuk maximasi
ventilasi
Posisi jendela untuk optimasi
penerangan alami
Luas jendela utk. optimasi
penerangan alami
Dinding termal utk. penahan
panas konduksi
Ratio jendela dengan dinding
- ⇒ Elemen: Canopy- teritis penangkal
matahari
Elevasi lantai
Ventilasi atap
Ketinggian langit langit mema-
dai
- ⇒ Peralatan: *Energy Star Rating* tinggi
(banyak bintang)
Lampu hemat energi



Sumber : Tugas Arsitektur dan Energi UK Petra- Dosen: Ir.Jimmy Priatman, M.Arch.

Gambar 9. Rancangan Tapak – Lay-out – Bentuk – Fasade Rumah Hemat Energi

STRATEGI DISAIN SADAR ENERGI PADA BANGUNAN KOMERSIAL

Pada bangunan komersial (gedung perkantoran, perhotelan, apartemen, pusat pertokoan, rumah sakit) penggunaan energi untuk kenyamanan termal berkisar 50%-60%, sedangkan untuk kenyamanan visual berkisar 30%, maka jumlah penggunaan energi tergantung dari banyak faktor yang secara bertingkat adalah:

- ⇒ Fungsi Bangunan
- ⇒ Tipe Kontrol Lingkungan
- ⇒ Distribusi Energi
- ⇒ Jadwal Operasional
- ⇒ Arus Ventilasi
- ⇒ Kualitas Termal Bangunan

Strategi utama untuk disain sadar energi adalah:

- ⇒ Pendinginan dan Penurunan Kelembaban
- ⇒ Minimasi Beban Pendinginan (*cooling load*)
- ⇒ Optimasi Penerangan Alam

Strategi kontrol pasif adalah:

⇒ Optimasi penerangan alam (siang hari)

Strategi kontrol aktif adalah:

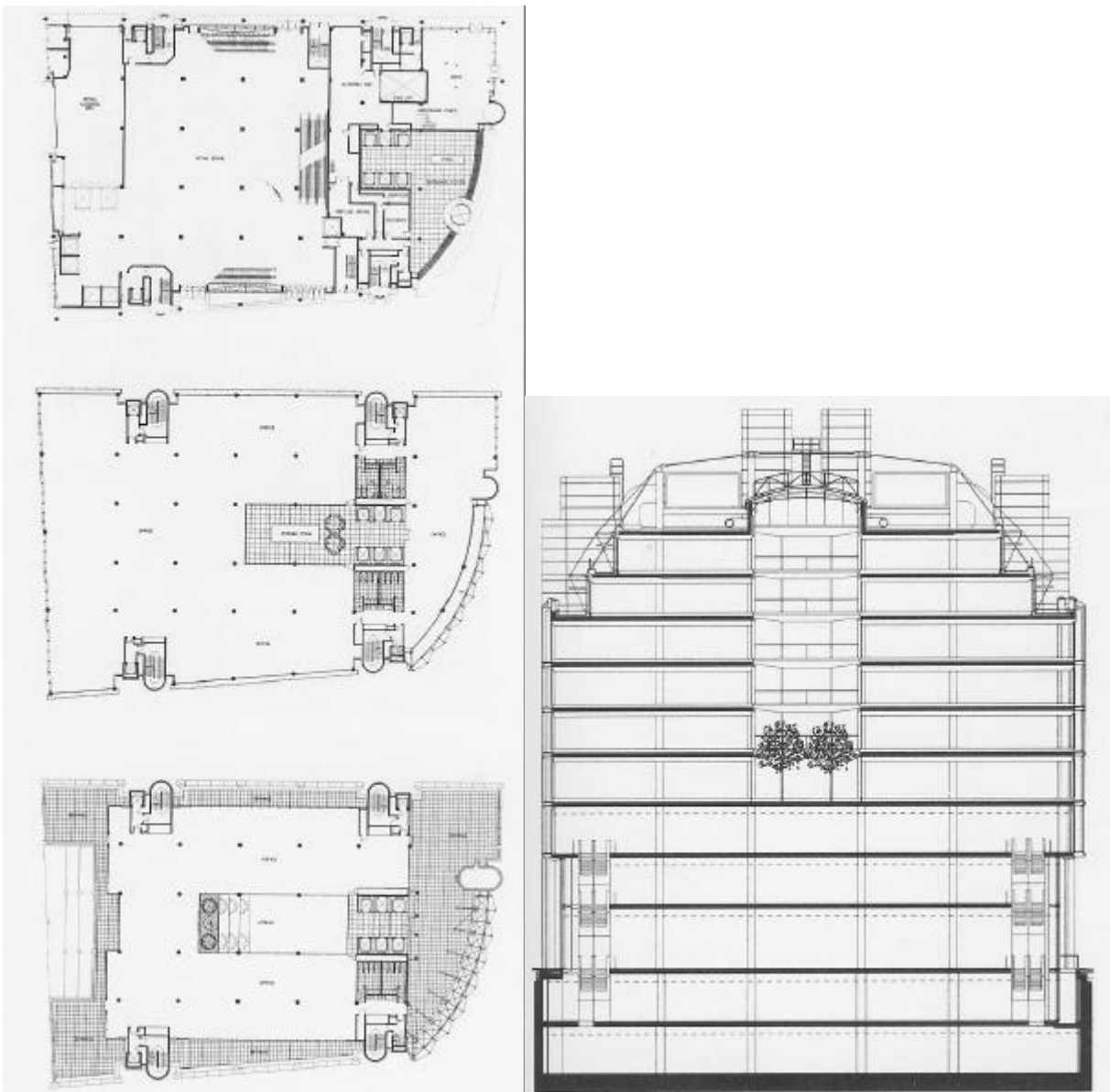
⇒ Optimasi ventilasi buatan dengan *HVAC*
(*Heating-Ventilating-Air Conditioning*)

Implementasi ke bangunan:

- ⇒ Tapak: Minimasi arah angin
- ⇒ Orientasi: Mayoritas arah selatan-timur
(kecuali arsitektur surya)
- ⇒ Bentuk: Minimasi *surface to volume ratio*
- ⇒ Fasade: Minimasi *window to wall ratio*
Minimasi *OTTV* £ 45 WM^2
Minimasi Koefisien Peneduh Kaca (*SC*)

Minimasi konduktansi kaca
Maximasi insulasi atap-dinding
Minimasi absorpsi atap-dinding
Minimasi infiltrasi

- ⇒ Elemen: Maximasi penangkal matahari
Maximasi ventilasi atap
- ⇒ Peralatan: Optimasi *Cooling Set Point*
Maximasi efisiensi *chiller* (*COP*)
Maximasi fan dan pompa hemat energi
Maximasi lampu hemat energi
Optimasi *Building Automation System*



Sumber : Energy Efficient Buildings-Architecture,Engineering,and Environment p. 146-155

Gambar 10. Lay-out – Bentuk - Fasade Gedung Perkantoran Hemat Energi Helicon Building-London, UK 1996

DISAIN SADAR ENERGI SEBAGAI SINTESIS ARSITEKTUR DAN TEKNOLOGI

Dalam salah satu pernyataan yang futuristik tentang gerakan arsitektur modern, *Le Corbusier*, 1923, memaparkan hubungan realistik antara insinyur dan arsitek. Ahli teknik (insinyur) , diilhami oleh hukum hukum ekonomi dan dikuasai oleh perhitungan perhitungan matematika dan mekanika, menempatkan manusia dalam batasan hukum universal dengan referensi intelektual. Sebaliknya, arsitek (perancang), diilhami oleh kreativitas dan didorong oleh otoritasnya sebagai pencipta ruang dan bentuk, menyentuh indra manusia dalam ungkapan emosional yang dialami manusia sebagai rasa estetika. Bersama-sama mereka memegang kunci untuk mewujudkan suatu tatanan arsitektur baru yang menawarkan suatu sintesis antara logika dan intuisi.

Sebagaimana pernyataan profetik *Le Corbusier*, puluhan tahun kemudian, perencanaan hampir semua bangunan modern telah melibatkan suatu kolaborasi antara insinyur dan arsitek dengan teknologi konstruksi yang semakin kompleks dan rumit. Memasuki milenium baru, insinyur dan arsitek dihadapkan pada suatu tantangan baru untuk menyelamatkan planet bumi dari kerusakan yang sistimatis dan berkepanjangan dimana kesadaran tentang kerapuhan lingkungan global telah memberikan suatu paradigma baru yaitu agenda pelestarian lingkungan dalam arsitektur.

Energi (api), sebagai salah satu unsur elemen kehidupan disamping udara, air, dan bumi perlu dipertahankan kelestariannya terutama yang bersumber dari sisa-sisa fosil yang tidak dapat diperbarui. Disamping itu, energi bersih (*clean energy*) yang bersumber dari alam (surya, angin, panas bumi, pasang surut gelombang laut) tersedia secara berlimpah dan menanti usaha manusia untuk memanfaatkannya dan diimplementasikan pada semua lini aktivitas dan fasilitas manusia, termasuk bangunan. Transformasinya kedalam arsitektur menuntut pemahaman yang mendalam tentang iklim, arsitektur, sebagai organisasi statik dan susunan bangunan, dengan elemen teknologi pengendalian lingkungan. *Olgyay, 1963*, dalam bukunya yang paling berpengaruh tentang hubungan arsitektur dan iklim, *Design with Climate*, mengemukakan pendekatan ramah lingkungan kedalam arsitektur yang dikenal dengan istilah *Bioclimatic Architecture*, sebagai suatu konsep pengendalian pasif lingkungan untuk menghemat

energi yang semakin relevan dengan kondisi kritis lingkungan saat ini. Diperlukan suatu semangat baru untuk merealisasikan hal ini, sebagaimana diungkapkan oleh *Le Corbusier* dalam tulisannya di *L'Esprit Nouveau: ...There is a new spirit: it is a spirit of construction and synthesis that guided by a clear conception....!*

STATISTIK ENERGI

- Energi diukur dalam kilowatt hours (kWh) atau megajoules (MJ)
- 1 kWh = 3,60 MJ
- 1 kWh adalah jumlah energi yang diperlukan bola lampu 100 W untuk menyala 10 jam
- 1 MJ adalah setara energi untuk mendidihkan 3 liter air dari 20^o C ke titik didihnya.
- 1 kWh listrik mem produksi 1 kilogram CO₂ dan membakar 0,428 kg batubara.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariati, Ratna, Direktorat Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi-Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral, *Program Konservasi Energi Nasional dan Implementasinya*. Seminar Nasional Arsitektur Hemat Energi Universitas Kristen Petra 2002.
- Ballinger, John A. et al., *Energy Efficient Australian Housing*, Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia 1997.
- Hawkes, Dean et al., *Energy Efficient Buildings. Architecture, Engineering, and Environment*, W.W.Norton & Company, Inc., New York, 2002
- Institut Utilitas Bangunan Indonesia, *Energi dan Pembangkit Energi, Sumber Energi dan Pemakaian Energi pada Bangunan Gedung, Audit Energi, Penghematan Energi Bidang Mekanikal pada Bangunan Gedung*, Utilitas Bangunan Indonesia, Jakarta, 2001
- Mobbs, Michael, *Sustainable House. Living for our future*, Choice Books, Australia, 1999.
- Olgyay, Victor, *Design with Climate*, Princeton University Press, New Jersey, 1973

Pijawka, K., David et al., *The Environment Comes Home*, The University of Arizona Press, Tucson, 1995

Richmond, Jim et al., *Energy in Society*, Griffith University, Australia, 1994.

Rivai, Mien Prof., Dewan Riset Nasional dan BPPT, *S&T Landmarks 2020: Mendukung Pembangunan Berkelanjutan*, Seminar Nasional Arsitektur Hemat Energi Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2002.

Vale, Brenda and Robert, *Green Architecture. Design for an Energy-Conscious Future*, Thames and Hudson Ltd., London, 1991.

Watson, Donald et al., *Energy Conservation Through Building Design*, McGraw-Hill, Inc., USA, 1979.

Watson, Donald et al., *Climatic Building Design. Energy-Efficient Building-Principles and Practice*, McGraw-Hill Company, USA, 1983

Watson, Donald, *The Energy Design Handbook*, AIA Press, USA, 1993.